

ANTENA ARRAY 2x2 DENGAN POLARISASI GANDA UNTUK RADAR CUACA X-BAND

Daniel Christviana ¹, Dr Ir. Heroe Wijanto, M.T², Yussi Perdana Saputera, S.T., M.T³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung

¹danielmanafe@student.telkomuniversity.ac.id, ²heroewijanto@telkomuniversity.ac.id, ³yussips@gmail.com

Abstrak

Indonesia memiliki wilayah dengan bandara yang banyak, untuk mengetahui keadaan cuaca, alat pemantau yang cukup efektif dan efisien yaitu radar cuaca. Jangkauan pantauan alat tersebut dapat mencapai 10-150 km dari pusat observasi. Aplikasi antena *array* 2x2 ini difokuskan untuk radar cuaca dan pelayanan penerbangan khususnya untuk bandara perintis dan peringatan dini cuaca ekstrim. Pada tugas akhir ini sudah merancang bangun antena *microstrip array* 2x2 untuk radar cuaca, frekuensi X-Band yaitu 9,4 GHz dan digunakan karena memiliki keunggulan dimensi yang lebih kecil dan praktis untuk diaplikasikan, juga memiliki dual polarisasi merupakan peningkatan yang sangat signifikan dalam dunia penelitian cuaca, ini dikarenakan sudah memiliki gambaran dua-dimensi (horizontal dan vertikal).

Antena *microstrip* telah menjadi objek utama tugas akhir ini karena memiliki banyak kelebihan antara lain mudah untuk di fabrikasi, relatif terjangkau, mudah untuk dicatu, dan mudah diaplikasikan dalam konfigurasi tunggal ataupun susun. Perancangan antena dilakukan dengan menggunakan duroid 4003 bekerja pada frekuensi 9,4 GHz dengan bandwidth diatas 60 MHz. Hasil pengukuran antena *array* 2x2 dual polarisasi yaitu VSWR 1,287 dan 1,282, polarisasi *directional*, Polarisasi horizontal linier dan vertikal linier. Hasil pada saat pengukuran telah memenuhi spesifikasi yang di butuhkan untuk radar cuaca.

Kata kunci : Radar cuaca, Antena *microstrip*, Polarisasi ganda, X-band

Abstract

Indonesia has many areas with airports, to know the weather conditions, a fairly effective monitoring tool and an efficient namely weather radar. The range of monitoring of these devices can reach 10-150 km from the observation center. This 2x2 array antenna application is focused on weather radar and flight services especially for pioneer airports and extreme weather early warnings. In this final project I have designed a 2x2 microstrip array antenna for weather radar, X-Band frequency of 9.4 GHz and is used because it has smaller and practical dimensions to be applied, also has dual polarization which is a very significant increase in the world of research weather, this is because it already has a two-dimensional picture (horizontal and vertical).

The microstrip antenna has become the main object of this final project because it has many advantages such as easy to fabricate, relatively affordable, easy to supply, and easy to apply in a single or stacking configuration. The antenna design is done using duroid 4003 working at a frequency of 9.4 GHz with bandwidth above 60 MHz. The results of measuring 2x2 dual polarization arrays are VSWR 1,287 and 1,282, directional polaradiation, horizontal linear and vertical linear polarization. The results at the time of measurement meet the specifications needed for weather radar.

Keywords: Weather radar, microstrip antenna, dual polarization, X-band

1. Pendahuluan

Antena mikrostrip memiliki beberapa kelebihan antara lain mudah untuk difabrikasi, mudah untuk dicatu dengan beberapa metode yang tersedia, mudah diaplikasikan dengan konfigurasi susun ataupun dihubungkan dengan elemen rangkaian mikrostrip lainnya, serta biaya pembuatannya relatif terjangkau.

Radar bekerja dengan cara mengirimkan sinyal radio ke udara dan menunggu sinyal tersebut kembali. Jika sinyal radio yang ditransmisikan mengenai suatu objek kemudian akan banyak energi yang berhambur, tetapi sebagian akan dipantulkan kembali ke penerima radar sehingga keberadaan target bisa ditetapkan oleh sinyal pantul.

Pada penelitian ini akan dibahas tentang perancangan antena mikrostrip *array* 2x2 dengan pencatutan mikrostrip line untuk radar cuaca frekuensi kerjanya adalah 9,4 GHz. Perancangan antena pada penelitian ini menggunakan penerapan antena *array* 2x2 untuk membuat polarisasi ganda (vertikal dan horizontal) yang cocok di aplikasikan pada radar cuaca. Penggunaan polarisasi ganda disini bertujuan untuk antena bersifat transmitter dan juga receiver.

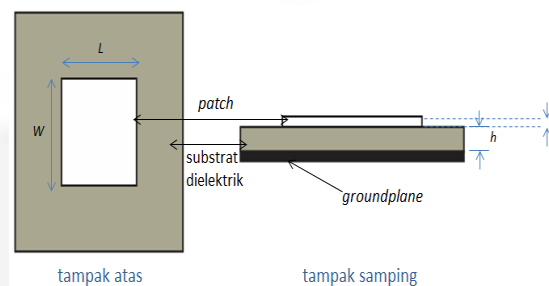
2. Dasar Teori

2.1 Prinsip Kerja Radar

Radar cuaca mengemisikan beam pada beberapa elevasi. Jadi setelah radar selesai melakukan scanning sebesar 360° maka elevasinya akan naik hingga mencapai elevasi maksimum, sehingga pada semua area akan terdeteksi bagaimana kondisi di atmosfernya. Nilai dari beam yang dipancarkan akan memiliki perbedaan ukuran saat dia berada di dekat radar d jauh dari radar. Nilai beam akan meningkat seiring dengan jauhnya jarak terhadap radar.[2]

2.2 Antena Microstrip

Antena mikrostrip ini terdiri atas patch logam yang diletakkan di atas substrat dielektrik dengan suatu alas tertentu yang disebut groundplane. Patch logam ini memiliki bentuk yang bervariasi namun pada umumnya berbentuk persegi atau sirkular. Antena *microstrip* dapat diaplikasikan dalam konfigurasi susun ataupun elemen tunggal. Biasanya antena mikrostrip yang dibuat dalam konfigurasi susun digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan gain tinggi [1]. Penampakan antena mikrostrip bisa di lihat pada gambar 1.1.



Gambar 2.1 Antena Microstrip[1]

2.3 Impedansi

Impedansi antena merupakan nilai tahanan yang timbul apabila sebuah antena dicatu arus listrik. Besaran impedansi menjadi faktor penting dalam performa kinerja sebuah antena. Impedansi antena dapat diketahui dengan mengetahui koefisien pantul dengan persamaan[1]:

$$\Gamma = \left| \frac{Z_A - Z_0}{Z_A + Z_0} \right| \quad (2.1)$$

dimana :

Z_A = Impedansi Antena (Ω)

Z_0 = Impedansi Saltran (Ω)

Γ = Koefisien pantul

Berdasarkan persamaan (2.2), impedansi antena dan impedansi saluran transmisi harus memiliki nilai yang sama agar terjadi transfer daya yang maksimal.

2.4 Polarisasi

Polarisasi antena dapat didefinisikan sebagai orientasi bidang medan listrik dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan sebuah antena [3]. Dua medan elektromagnetik diradiasikan oleh antena pemancar menuju ke antena penerima. Dua medan elektromagnetik ini adalah medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus satu sama lain dan masing-masing juga saling tegak lurus terhadap arah pancar dari gelombang elektromagnetik. Medan listrik ini berada pada bidang yang sama dengan elemen antena. Bila elemen antena secara relatif vertikal terhadap permukaan bumi maka medan listrik akan vertikal pula terhadap permukaan bumi, sehingga antena dikatakan mengalami polarisasi vertikal.

Bila antena penerima memiliki tipe polarisasi yang berbeda dengan antena pemancar, akan terjadi kondisi polarisation mismatch. Kondisi ini diukur menggunakan *Polarisation Loss Factor* (PLF) yang didefinisikan secara matematis melalui Persamaan (2.10) dengan variabel γ merupakan besar sudut antara arah medan listrik antena pemancar dan antena penerima [2].

$$PLF = |\cos \gamma|^2 \quad (2.2)$$

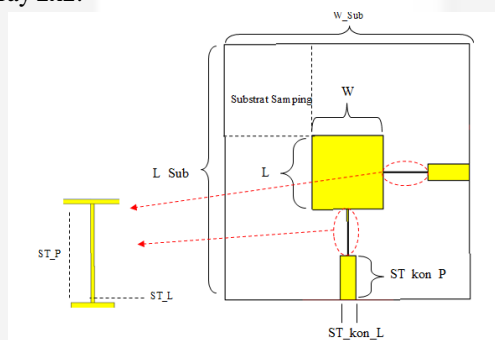
3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Spesifikasi dari Antena array 2x2 yang akan direalisasikan:

Frekuensi Kerja	9,4 GHz
VSWR	≤ 2
Pola Radiasi	Directional
Polarisasi	Linear
Impedansi	50

3.2 Simulasi dan Optimasi Single Patch 2 Saluran Transmisi

Perancangan pada Tugas Akhir kali ini saya menggunakan software *CST Studio Suite 2018* sebagai simulator. Kemudian mendesain bentuk antena dengan komponen komponen penyusun dan elemen sesuai perencanaan awal dan juga memasukan hasil perhitungan pada saat simulasi. Pelaksanaan simulasi bertujuan untuk mendapatkan hasil dimensi pada antena dan pengoptimasian agar mendapat hasil sesuai spesifikasi. Sebelum melakukan perancangan array 2x2 awal perencanaan dengan mendesain antena single patch 2 saluran transmisi untuk merealisasikan adanya dual polarisasi nantinya pada antena array 2x2.



Gambar 3.1 Antena Single Patch 2 Saltran

Tabel 3.1 Dimensi Antena Single Patch 2 Saltran

Dimensi Antena Mikrostrip	Paremeter	Nilai
Lebar Patch	W	8,05 mm
Panjang Patch	L	8,05 mm
Lebar Ground Plane	Wg	27,75 mm
Panjang Ground Plane	Lg	27,75 mm
Lebar Feedline (130Ω)	Wf1	1,88 mm
Panjang Feedline (130Ω)	Lf1	4,85 mm
Lebar Feedline (50Ω)	Wf2	1,88 mm
Panjang Feedline (50Ω)	Lf1	4,85 mm
Jarak Substrate	Sub L	10 mm
Tebal Subsrat	h	0,813 mm
Tebal Ground Plane	t	0,035 mm
Permitivitas Substrat	ϵ_r	3,38

Dari hasil simulasi pada antena single patch dengan 2 saluran trasmisi di ketahui nilai VSWR port 1 = 1,1773 dan port 2 = 1,1805. Di ketahui juga nilai gain yang di dapat pada port 1 dan 2 adalah 6,154. Dari hasil simulasi tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi antena awal dan di lanjutkan untuk melakukan array agar mendapatkan penguatan gain dan juga menghasilkan dual polarisasi yaitu vertikal linier dan horizontal linier.

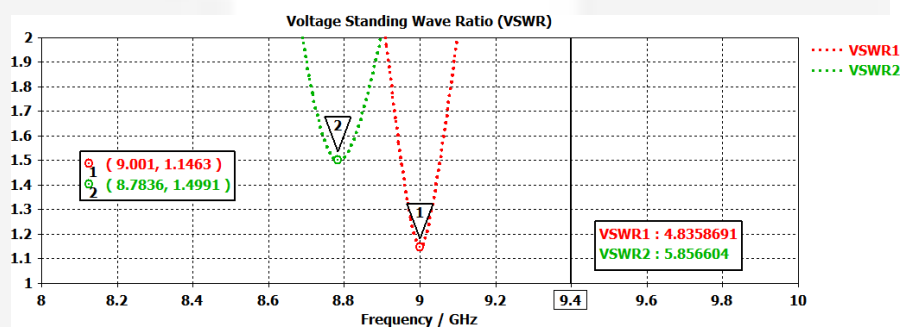
3.3 Antena Array 2x2 Sebelum Optimasi

Dimensi antena yang digunakan saat simulasi merupakan data perhitungan impedansi untuk panjang saluran transmisi dan juga dimensi patch pada substrat. Berikut akan di tampilkan dimensi antena array 2x2 sebelum di optimasi.

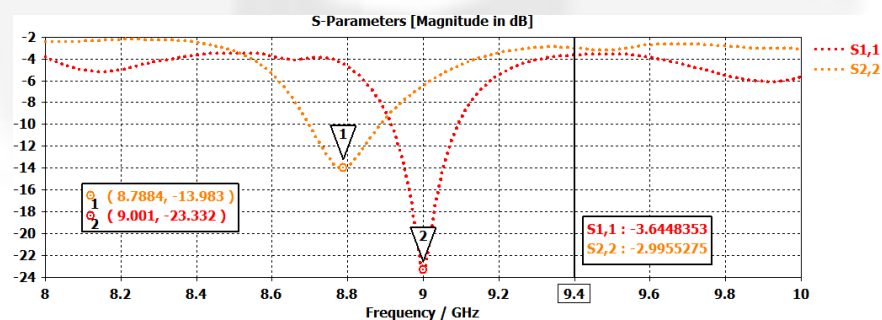
Tabel 3.1 Dimensi antenna *array* 2x2 sebelum optimasi

Variabel	Nilai	Keterangan
L = W	8,36 mm	Dimensi Patch
Saltran 1 dan 2		
Lebar 130 Ohm	0,161 mm	Saltran 130 Ohm
Lebar 91,92 Ohm	0,572 mm	Saltran 91,92 Ohm
Lebar 64,99 Ohm	1,2 mm	Saltran 64,99 Ohm
Lebar 57 Ohm	1,51 mm	Transformasi
Lebar 50 Ohm	1,88 mm	Saltran 50 Ohm
$\frac{1}{4} \lambda$	4,33 mm	Panjang di kalikan 16 sesuai kebutuhan (69,28 mm)
D1	8,36 mm	Jarak patch 1
D2	8,36 mm	Jarak patch 2
Sub_L	10 mm	Sub_L

Dari hasil dimensi perhitungan tersebut di dapatkan nilai *Return loss* dan *VSWR* pada port 1 dan 2.



Gambar 3.2 VSWR antenna array 2x2 sebelum optimasi

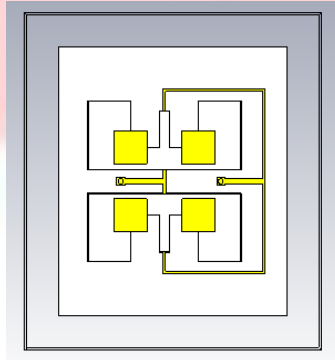


Gambar 3.3 Return Loss antenna array 2x2 sebelum optimasi

Dari hasil simulasi yang di lakukan berdasarkan perhitungan, terjadi pergeseran frekuensi yang terjadi pada port 1 dan juga port 2 sehingga perlu di lakukan pengoptimalan lagi pada dimensi patch agar tidak terjadi pergeseran frekuensi yang terlihat pada port 1 bergeser pada 8,8 GHz dan port 2 9 GHz, tidak seperti yang diinginkan agar berkerja pada frekuensi 9,4 GHz.

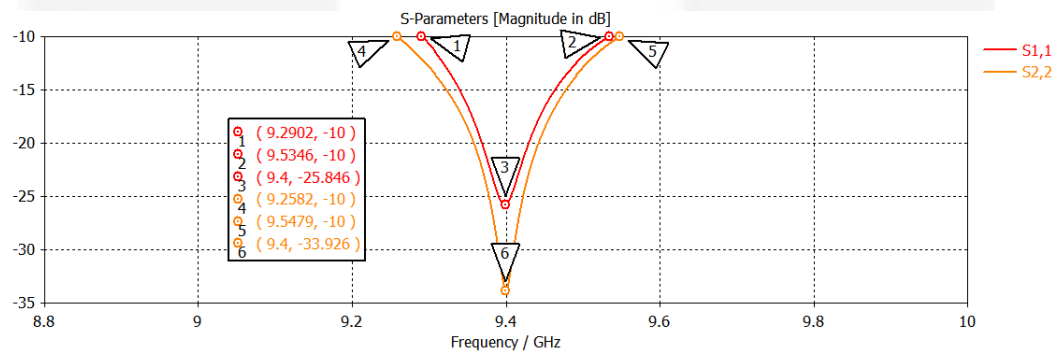
3.4 Antena Array 2x2 Setelah Optimasi

Pada saat optimasi penulis melakukan beberapa trial error untuk memaksimalkan hasil dari simulasi seperti mengubah dimensi patch ,panjang saltran dan beberapa trial error lain sehingga di dapatkan hasil desain antena setelah optimasi.



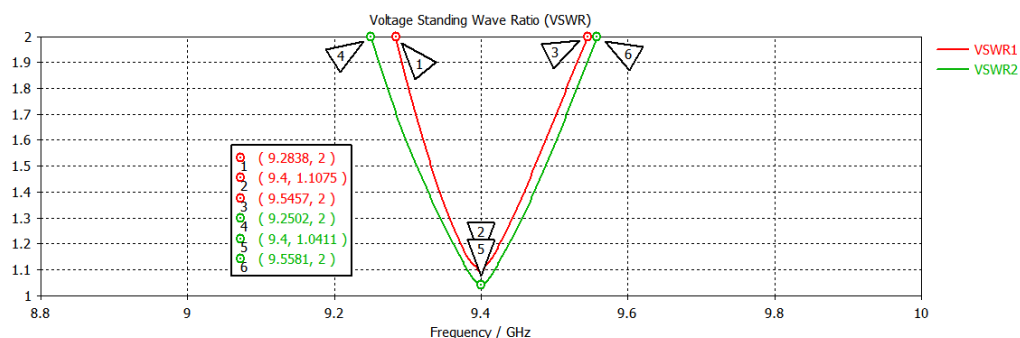
Gambar3.4 Antena Array 2x2 setelah optimasi

Setelah mendapatkan layout antena yang maksimal barulah running simulasi untuk mendapatkan nilai parameter untuk setelahnya dilakukan pabrikan jika hasilnya memenuhi spesifikasi. Berikut hasil Simulasi *VSWR*, *Return Loss*, *Bandwidth*, *Gain*, *Polarisasi* dan *Polarisasi* nya.



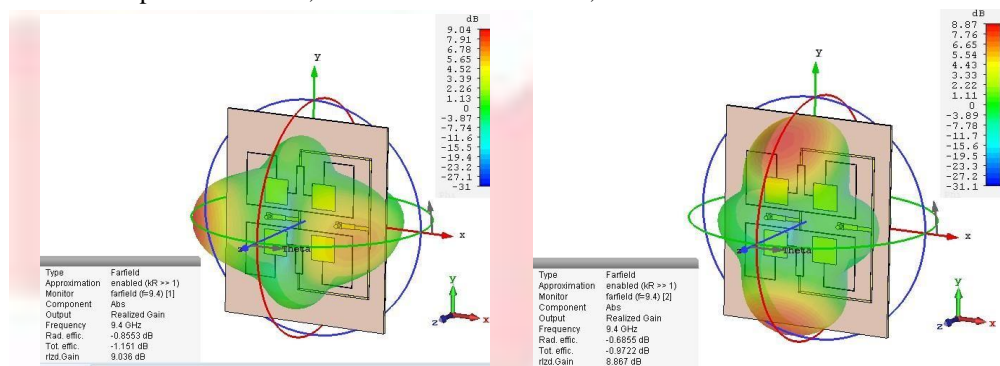
Gambar 3.5 Return Loss setelah optimasi Port 1 dan 2

Dari simulasi optimalisasi dimensi pada antena 2x2 dilakukan terhadap dimensi antena, yang awalnya berdasarkan hitungan sebesar 8,36 mm menjadi 7,78 mm, dimana dengan prinsip dimensi, semakin kecil dimensi, semakin tinggi frekuensi, dari hasil simulasi awal yang berada pada frekuensi 8,8 GHz dengan memperkecil dimensi bergeser ke frekuensi 9,4 GHz. Gambar 3.22 menunjukkan baik port 1 dan port 2 menghasilkan resonan frekuensi yang sama, yaitu pada frekuensi 9,4 GHz, walaupun ada perbedaan nilai level return loss. Port 1 menghasilkan nilai return loss sebesar -25,846 dB pada frekuensi 9,4 GHz, dengan bandwidth yang dimulai dari frekuensi 9,2902 GHz sampai 9,5346 GHz pada batas return loss -10 dB menghasilkan *bandwidth* sebesar 244,4 MHz. Port 2 menghasilkan nilai return loss sebesar -33,926 dB pada frekuensi 9,4 GHz, dengan *bandwidth* yang dimulai dari frekuensi 9,2582 GHz sampai 9,5579 GHz pada batas *return loss* -10 dB menghasilkan *bandwidth* sebesar 299,7 MHz.



Gambar 3.6 VSWR setelah Optimasi Port 1 dan 2

Dari gambar *VSWR* serupa dengan hasil simulasi *Return Loss*, dengan menunjukkan bahwa hasil simulasi *VSWR* sudah sesuai dengan kebutuhan spesifikasi yang di inginkan, dengan batas bandwidth di bawah 2, dan *VSWR* pada frekuensi 9,4 GHz untuk port 1 sebesar 1,1075 dan Port 2 sebesar 1,0411.



Gambar 3.7 Gain setelah Optimasi Port 1 dan 2

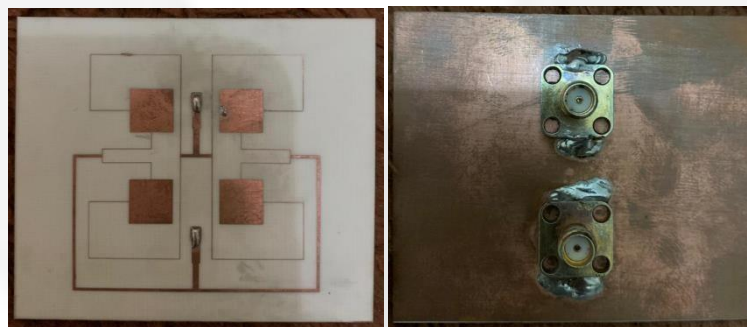
Dari gambar diatas merupakan hasil simulasi gain dan polarisasi dari port 1, dimana port 1 menghasilkan polarisasi vertikal linier, sehingga mempengaruhi arah pergerakan gain. Gambar 3.26 merupakan merupakan hasil simulasi gain dan polarisasi dari port 2, dimana port 2 menghasilkan polarisasi horizontal linier, sehingga mempengaruhi arah pergerakan gain juga. Besaran gain yang didapatkan pada port 1 sebesar 9,076 dB, sedangkan gain untuk port 2 sebesar 8,867 dB.

Setelah melakukan optimasi dan dengan nilai parameter yang di dapat setelah optimasi bisa dikatan parameter-parameter sudah sesuai dengan spesifikasi antenna awal dan bisa dilanjutkan ke tahap fabrikasi.

4. HASIL PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA ARRAY 2X2

4.1 Realisasi dan Fabrikasi Antena

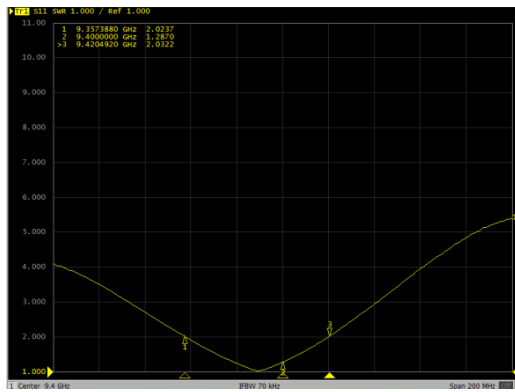
Saat melakukan realisasi antenna dan juga fabrikasi dapat dilihat antenna antenna *array* 2x2 dual polarisasi pada gambar berikut:



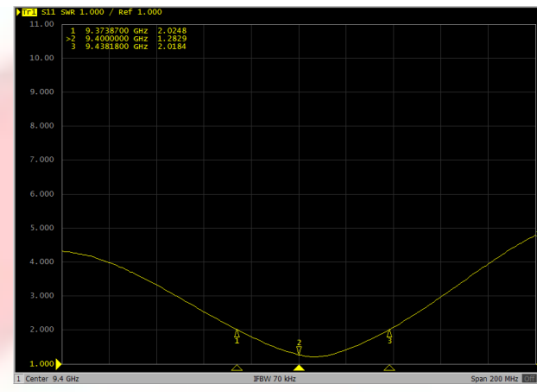
Gambar 4.1 Realisasi Antena Array 2x2 Dual Polarisasi

Dapat di lihat pada gambar 4.1 antenna *array* 2x2 dual polarisasi memiliki 2 konektor yang bisa menghasilkan polarisasi ganda yaitu port 1 merupakan polarisasi vertikal dan port 2 merupakan polarisasi horizontal. Setelah melakukan realisasi antenna *array* 2x2 polarisasi ganda dilakukan pengukuran untuk mendapatkan parameter yang optimal apakah sesuai dengan simulasi dan spesifikasi awal antenna.

4.2 Hasil Pengukuran dan Analisis

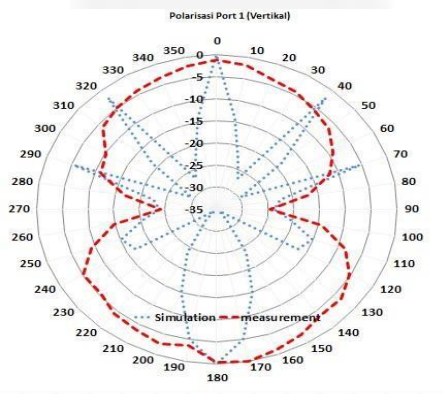


Gambar 4.2 VSWR Hasil Pengukuran Port 1

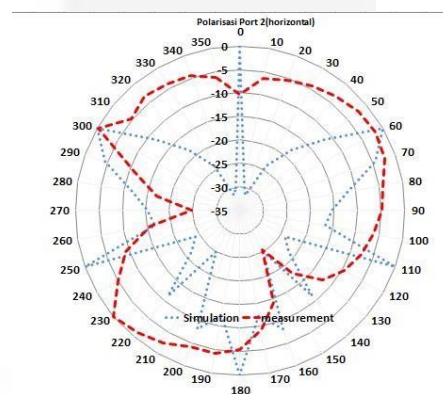


Gambar 4.3 VSWR Hasil Pengukuran Port 2

Berdasarkan hasil diatas dapat dilihat terjadi perbedaan yang tidak terlalu signifikan antara VSWR hasil simulasi antenna dengan VSWR hasil pengukuran antenna yang sudah dipabrikasi sesuai dengan ukuran saat simulasi, tetapi terjadi sedikit pergeseran frekuensi. Hasil pengukuran sudah sangat mendekati impedansi sumber, yaitu 50Ω , yang artinya matching antara sumber dengan saluran transmisi, dengan di tandai VSWR dikedua port yang dihasilkan pada frekuensi 9,4 GHz menghasilkan VSWR yang bernilai dibawah 1,5, dengan port 1 bernilai 1,287 dan port 2 bernilai 1,2829.



Gambar 4.4 Polarisasi Vertikal Port 1



Gambar 4.5 Polarisasi Horizontal Port 2

Dari hasil polarisasi di atas kita dapat menghitung axial rationnya untuk mentukan jenis polarisasinya pada port vertikal dan port horizontal. Hasil pengukuran pada port 1 dan 2 adalah 17,0996 dan 18,7977 yang berarti jenis polarisasi pada antenna array 2x2 polarisasi ganda adalah linier karena polarisasi linier *axial ratio*-nya adalah $1 < AR < \infty$. Berikut merupakan tabel perbandingan dari hasil simulasi dan juga pengukuran.

Tabel 3.3 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Parameter	Simulasi		Pengukuran	
	Port 1	Port 2	Port 1	Port 2
Return Loss	-25,846	-33,926	-17,201	-17,99
VSWR	1,1075	1,0411	1,287	1,2829
Impedansi	$56,14999 + j 1,913261$	$49,05503 + j 0,488759$	$58,612 + j 407,71$	$51,031 + j 12,384$
Bandwidth	244,4 MHz	299,7 MHz	63 MHz	65 MHz

<i>Gain</i>	8,90 dBi	8,89 dBi	7,9 dBi	7,5 dBi
Polaradiasi	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>
Polarisasi	Vertikal Linier	Horizontal Linier	Vertikal Linier	Horizontal Linier

Pada tabel di atas dapat ditarik analisa bahwa nilai dari simulasi tidak berbeda jauh saat realisasi ,namun ada parameter yang terjadi perubahan yang cukup derastis dikarenakan kurang presisi dan pelaksanaan fabrikasi yang masih manual sehingga menyebabkan adanya perubahan dimensi pada elemen-elemen tertentu yang mempengaruhi hasil pengukuran seperti yang terlihat pada tabel di atas.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan proses perancangan desain, pengukuran, hingga realisasi antenna mikrostrip *array* 2x2 sebagai berikut:

1. Tercapainya semua parameter spesifikasi antenna awal pada saat realisasi, seperti *Return Loss* Port 1 = -17,201 Port 2 = -17,99 ,*VSWR* Port 1 = 1,287 Port 2 = 1,2829 ,*Bandwidth* Port 1 = 63 MHz Port 2 = 65 MHz ,*Gain* Port 1 = 7,9 dBi Port 2 = 7,5 dBi ,Polarisasi Port 1 = Vertikal Linier Port 2 = Horizontal Linier sehingga berhasil menghasilkan dual polarisasi pada antenna mikrostrip *array* 2x2 ,dan berhasil memenuhi spesifikasi antenna untuk radar cuaca.
2. Teknik *array* 2x2 pada *microstrip* berhasil merealisasikan dual polarisasi yaitu polarisasi vertikal dan horizontal yang cocok digunakan untuk radar cuaca karena bisa menggunakan fungsi sebagai *transmitter* dan *receiver* secara bersamaan.
3. Dimensi antenna sangat mempengaruhi hasil pada parameter antenna, jika terjadi pergeseran pada fabrikasi dapat berakibat pada pergeseran frekuensi dan juga parameter lainnya.
4. Teknik pencatutan *microstrip line* sangat praktis untuk direalisasikan dan juga dapat memaksimalkan hasil untuk spesifikasi antenna ini, walaupun bandwidth yang dihasilkan kecil yaitu Port 1 = 63 MHz Port 2 = 65 MHz tetapi masih mampu mencukupi bandwidth untuk radar cuaca dan hasil dari parameter lain juga sudah mencapai hasil dari spesifikasi awal antenna untuk radar cuaca.
5. Berhasil mendapatkan hasil parameter antenna yang optimum untuk frekuensi kerja X-band pada 9,4 GHz sehingga memenuhi spesifikasi penggunaan antenna radar cuaca pada frekuensi X-band.

5.2 Saran

Saran penulis untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan bisa meningkatkan performansi antenna, terdapat beberapa hal yang perlu di pertimbangkan antara lain:

1. Penambahan *array* juga bisa saja dilakukan untuk mendapatkan gain yang lebih tinggi contohnya menjadi *array* 3x3.
2. Pabrikasi sangat mempengaruhi hasil akhir dan juga nilai dari parameter anten oleh sebab itu haruslah sangat teliti dan hati-hati saat melakukan pabrikasi agar tidak terjadi perubahan dimensi dan juga pergeseran parameter antenna saat selesai.
3. Pengukuran juga bisa menjadi hal yang sangat penting untuk mendapatkan hasil yang maksimal disarankan untuk melakukan pengukuran di tempat yang minim daya pantul dan juga steril dari interferensi.

DAFTAR REFERENSI

- [1] K. F. Lee and K. M. Luk, *Microstrip Patch Antenna*, London : Imperial College Press, 2011.
- [2] B. R. Mahafza, *Introduction to Radar Analysis*, London : CRC Press, 1998.
- [3] P. Kildal, *Foundation of Antenna Engineering*, United States : Artech House, 2015.